

球状星団で形成される連星中性子星の合体率

谷川 衝 (筑波大学)

利用カテゴリ XT4B ・ GRAPE-A

球状星団は 10pc 程度の領域に 10 万から 100 万個の星を含む高密度恒星系である。このような系では星同士の力学的相互作用が頻繁に起こる。その結果、2 つのコンパクト天体からなる連星が多数形成される。我々は N 体シミュレーションを用いて、球状星団での中性子星-中性子星 (以下、DNS) の形成率及び合体率を導出し、それらの観測への示唆を議論した。

我々は粒子数 $N = 8192, 16384, 32768$ (以下、 $N = 8K, 16K, 32K$) の星団の N 体シミュレーションを行った。星の質量関数は星団形成後 100 億年後のものとしている。中性子星の割合はパラメータとして扱い、 $f_{\text{NS}} = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6\%$ とした。それぞれ retention fraction が 17, 33, 67, 100% である。星団に含まれる連星の割合は 5% とした。 N 体シミュレーションの方法は以下の通りである。時間積分法に独立時間刻みの四次精度エルミート法を用いた。孤立した連星の内部運動はケプラー解で近似した。

星団で形成された DNS で、宇宙年齢以内に合体できるほどコンパクトなものは星団から脱出した DNS のうちの半分だけであった。一方、DNS の脱出率は N に比例し、 f_{NS} の 1.6 乗に比例することが明らかとなった。DNS の脱出率が f_{NS} の 2 乗とならないのは、星団中心で中性子星が飽和するため、星団中心の中性子星の数密度が f_{NS} に比例しないためである。DNS の合体率は以下のように書ける。

$$\frac{dN_{\text{merge}}}{dt} \sim \frac{1}{2} \frac{dN_{\text{escape}}}{dt} \sim 0.6 \left(\frac{N}{4 \times 10^5} \right) \left(\frac{f_{\text{NS}}}{0.1\%} \right)^{1.6} \left(\frac{t_{\text{rh}}}{1 \text{Gyr}} \right) [\text{Gyr}^{-1}] \quad (1)$$

これを用いて、local universe の DNS の合体率を求めると、 $6 \text{yr}^{-1} \text{Gpc}^{-3}$ となる。次世代重力波検出器 advanced LIGO が検出できるのは 300Mpc 以内の DNS の合体なので、 0.7yr^{-1} が重力波検出率となる。これは、Sadowski et al. (2008) が銀河フィールドで形成された DNS の合体の検出率に比べて、10 分の 1 程度である。しかし、この値は population synthesis を基にして導出しているので、パラメータ依存性が大きい。我々の求めた値はパラメータ依存性が小さく、かつ年に一度は重力波が検出できるという意味で、意義のある結果である。